

UsN based Soundness Monitoring Diagnosis System of Power Transmission Steel Tower

李 東 哲[†] · 裴 乙 錄^{*} · 金 愚 正^{**} · 閔 炳 雲^{***}

(Dong-Cheol Lee · Ul-Lok Bae · Woo-Jung Kim · Bung-Yun Min)

Abstract - In this paper, design method for power tower hazard diagnosis/predition system based on UsN was proposed. The proposed method used multi-hybrid sensors to measure rotation, displacement, and inclination state of power tower, and made decision/prediction of hazard of power tower. System design was made with requirement analysis of monitoring for transmission power facility and use of MEMS and optic fiber sensors. For hazard decision, analysis of correlation was made using sensor output. LN based on IEC61850, international standard for digital substation, was also proposed. For transmission facility monitoring, digital substation and power tower were considered as parts of power facility networks.

Key Words : Power Tower, UsN, MEMS Sensor, Correlation Analysis, IEC61850

1. 서 론

송전철탐을 포함한 송전 및 변전설비는 국가의 주요한 기간 시설물로서, 송전철탐이 태풍이나 국지적인 돌풍과 같은 강한 바람으로 인해 기능수행에 장애가 발생하거나 최악의 경우 전력공급이 중단되는 경우에는 국내사회 및 경제 전반에 미치는 파급효과가 매우 크다. 지난 2003년 9월 태풍 매미가 경상남도 남해안을 강타했을 때 송전철탐의 붕괴로 인한 막대한 경제적인 피해를 입었음은 물론이고 사회적인 충격이 지대했음은 주지의 사실이다. 따라서 송전 철탐의 사고에 따른 국가적 대재앙을 사전에 방지하기 위한 대책이 절실히 요구되고 있다[1-2]. 현재 세계적으로 송전선감시는 도보나 차량을 이용한 순회점검, 자율항행형 무인헬리콥터를 이용한 방식[3], GPS를 이용하는 방식이 있다. 국내의 경우 일부 해안지역에 DGPS(Differential Global Positioning System)[4]를 이용하여 철탐의 회전 변위를 측정하고 있으나, 철탐 위험 진단의 정확도 한계, 고가의 비용 소요, 실시간 원격감시가 불가능한 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 전력산업에서도 중요한 이슈가 되고 있는 UsN 기술을 이용한 전력용 철탐 위험 진단 예측 시스템을 제안한다. 표 1과 표 2는 철탐 위험 진단을 위한 요구 사항과 감시 방식을 비교한 것이다.

표 1 철탐 진단을 위한 요소 기술 및 요구 사항

Table 1 Core technology & Requirement for power tower diagnosis

구분	내 용	
측정요소	기울기, 회전, 가속도(흔들림), 진동, 사면거동, 풍압력, 풍속, 강우(철탐), 부식, 수목근접	
요구사항	실시간, 원격감시, 상태 및 감시진단, 수명 예측, 저비용, 화상감시	
관련 기술	네트워크	IEEE1451, IEC61850, [5-6] IPv6, PLC, WiFi
	센서	MEMS, Optical
	알고리즘	상관관계 분석
	H/W	Size 최소화, 저전력, Super Capacity, SIP, SoC

표 2 철탐 건전성 감시진단 방식 비교

Table 2 Method comparison for power tower diagnosis

구분	현재 송전감시 시스템	제안 시스템
감시방식	- 도보, 차량, 소형위성 위성항법	- IT 기반의 전력용 철탐 감시
측정요소	- 근접수목, 사면 상태 철탐 변형	- 기울기, 회전, 흔들림, 풍속, 풍압력, 사면상태, 진동
특징	- 비실시간 - 원격감시 불가능 - 고비용 - 정밀도 낮음	- 원격 감시진단, 예측 - 실시간 진단 - 고정밀, 저비용 - 국내기술 / 해외 수출 용이

2. 본 론

2.1 전체 시스템 구성

유비쿼터스 센서네트워크(UsN : Ubiquitous Sensor

[†] 교신저자 正會員 : 韓電kdn(株) 送變轉IT事業部長
E-mail: ubicon@kdn.com

^{*} 正 會 員 : 延世大 工大 電波通信工學科 碩士課程

^{**} 非 會 員 : 慶北大 工大 電子工學科 工學博士

^{***} 正 會 員 : 現代重工業(株) 機械電氣研究所 先任研究員

接受日字 : 2007年 2月 12日

終完了 : 2007年 2月 25日

Network)는 다수개의 센서노드들이 네트워크를 형성해 데이터를 주고받으며 그 데이터에 따라 어떠한 동작을 일으킬 수 있는 시스템을 의미한다. UsN은 다양한 분야 및 환경에서 활용될 수 있으나, 본 논문은 전력설비에 한정하여 송전용 첩탐의 건전성을 감시진단하기 위한 UsN의 적용방안에 대해서 기술한다. 전력용 첩탐 위험 진단 시스템은 Hybrid형 다중센서와 광섬유센서를 사용하여, 전력용 첩탐의 변형을 정밀하게 측정, 감시함으로써, 첩탐의 위험을 사전에 진단하고 예측한다. 그림 1에서와 같이 첩탐의 개별 암(ARM)에 설치된 Hybrid형 다중센서를 통해 얻어진 데이터와, 광섬유 센서 및 풍속 데이터의 상관관계를 비교하여 전력용 첩탐의 이상 유무를 판단하는 시스템으로, 센서 노드와 G/W(GateWay)의 판단부는 센서부에 의해 획득된 데이터의 상태에 따른 위험도의 상관관계에 따라서, 전력용 첩탐의 이상 유무를 판단한다. 센서노드에서 6LoWPAN(Wireless Personal Area Network)[7]으로 데이터를 전송하면, G/W에서 처리 후 IEC61850으로 변환하고, PLC[8]/IEEE802.11a/n, B-CDMA(Binary CDMA)를 이용하여 광백본망에 접속된다. 상위 엔지니어링센터의 서버는 데이터 베이스에 저장되어 있는 전력용 첩탐의 기존 기록과 판단부의 결과를 비교하고 전력용 첩탐의 위험을 진단 예측한다.

2.2 시스템 상세 설계

Hybrid 센서 노드는 센서부, 아날로그-디지털 변환부, 마이크로제어부, 메모리, 전원부로 구성된다. 센서부에서 측정된 아날로그 데이터는 아날로그-디지털 변환부에 의해 디지털 신호로 변환된 후 마이크로 제어부에 의해 처리되고 전송부로 전송된다. 그림2의 센서부는 MEMS/NENS등 반도체 기반의 Micro 센서와 다중신호처리 구조로 설계되며, 5cm의 정밀도(Accuracy)를 갖는 Tilt 센서를 이용하여 기울기를 측정하고, 0.2°의 정밀도를 갖는 MR 센서를 이용하여 회전 변위를 측정한다. MEMS 센서 인터페이스 및 신호처리는 IEEE1451[10-12]을 적용하며 A/D 출력은 마이크로제어부에 전달된다. 마이크로 제어부는 전력관리 및 다중 신호 처리 기능을 수행하며, 전송부는 마이크로 제어부로부터 수신된 패킷을 IPv6 기반의 6LoWPAN 방식을 통해 백본 네트워크로 전송한다. 시스템은 칩으로 구성된 RF통

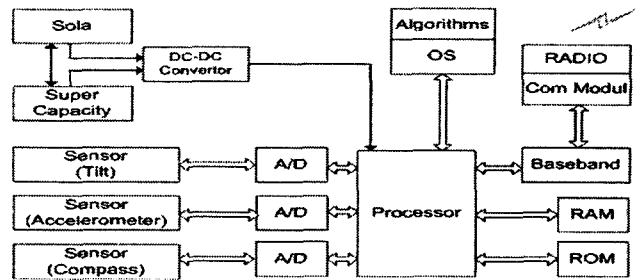


그림 2 Hybrid Sensor 모듈의 기능 설계도
Fig. 2 Function design of Hybrid Sensor module

신 모듈은 수십 mA의 최소 전력으로 구동된다. 센서 노드의 소모 전력은 Active시에 0.4W 이내이며, Sleep/Wakeup Mode에서는 수십 uA이다[13-14]. 정전 상황에서도 원격에서 첩탐의 상태를 진단하기 위해 효율이 21.56%인 고효율 태양전지를 적용하여 3*3cm의 Size에서 0.4W 이상의 전력을 얻으며 배터리는 무한수명, 고효율, 고전압의 슈퍼 커패시터를 사용한다. MEMS센서, SoC 통신 모듈 및 마이크로제어부를 SIP(System-In-Package)기법으로 인터페이스 시킴으로써 저전력, 온도 적응 및 물리적 크기의 최소화를 이룰 수 있다. 또한, 송전 첩탐과 같은 극한의 열악한 외부 전력 환경에 적용시 시스템 안정도를 향상시킬 수 있다.

2.2.1 가속도센서(Accelerometers)

가속도 검출방식에는 관성방식, 자이로방식, 실리콘 반도체방식이 있으며, 자이로 방식은 관성계에 작용하는 가속도를 감지하여 충격적 변위를 얻는다. 그림 3에서 보이는 것과 같이 자이로 센서의 커패시턴스 값이 변화하면 CV-컨버터에서 접압으로 변환되고, AMP를 통과하여 적절한 신호로 증폭된다. 펄스 검파기는 기준 신호와 외부에서 인가되는 가속도의 방향을 판단하여 최종적으로 가속도에 대한 정보를 DC 전압으로 변화시킴으로써, 전력용 첩탐의 개별 암의 움직임을 측정하여 가속도 데이터를 얻는다.

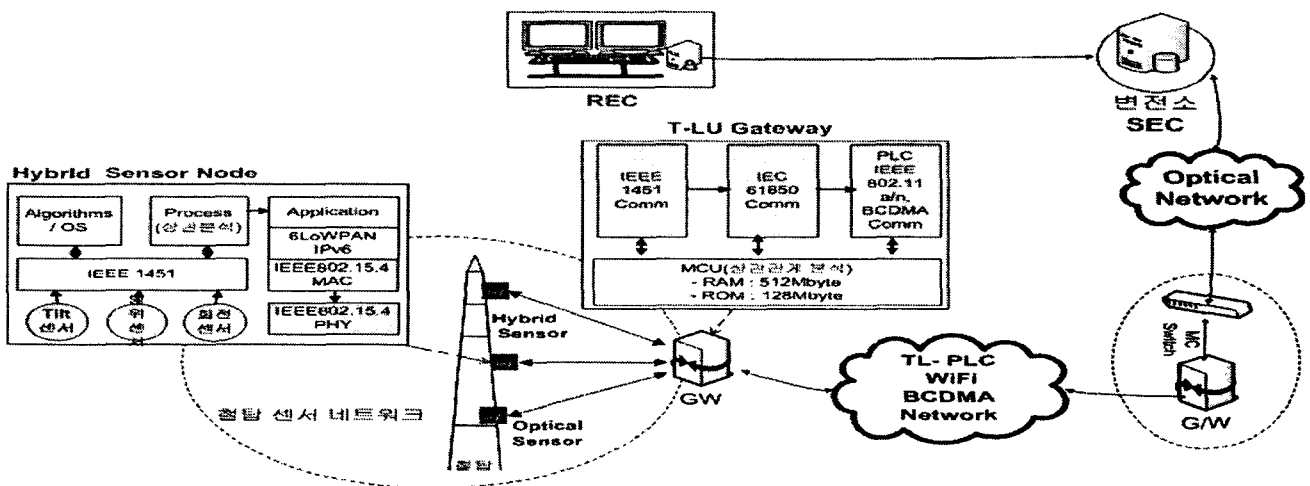


그림 1 송전 첩탐 위험 진단 시스템 구성도
Fig. 1 Power tower Danger diagnosis system

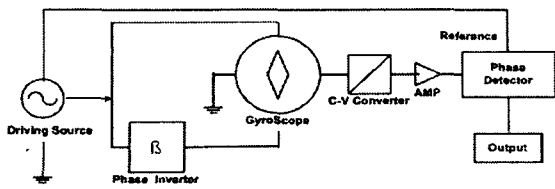


그림 3 Accelerometers 센서 구성도
Fig. 3 Accelerometers sensor structure

2.2.2 방위(MR, Magnetic Resistance) 센서

마그네틱 레지스탕스 각도 센서는 회전각 변화에 대한 선형적인 전압 특성을 나타내며, 전력용 철탑의 개별 암의 회전각을 측정하여 얻은 데이터를 이용하여 수평적 변위를 얻는다. 그림 4의 발진회로는 센서회로와 위상 검파부에 주파수를 공급하고, 출력 값인 회전 각도를 거리로 환산하여 전력용 철탑의 위험도를 판단한다. MR(Magnetic Resistance)센서는 위상검파방식을 이용하여 초고압 송전선 자계의 간섭을 제거한다.[15]

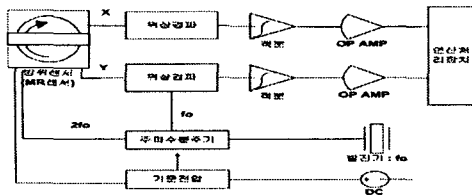


그림 4. MR 센서 구성도
Fig. 4 MR sensor structure

2.2.3 기울기(Tilt) 센서

Tilt 센서는 전극과 전해질 수용액을 사용하여 전력용 철탑의 기울기를 측정하여 지속적, 고정적인 변위를 얻는다. Tilt 센서는 수산화 칼륨(KOH) 수용액을 이용하여 식각된 홈에 염화칼륨(KCl) 전해질 수용액을 채우고, 3개 이상의 전극을 전해질 수용액에 일정부분 잠기도록 한다. 전해질 수용액은 중력의 영향으로 인하여 수면이 지면과 평행을 이루며, 전기적으로 전도성을 가지는 액체이다. 그림 5의 (가)와 같이 철탑의 개별 암이 지면과 평행을 이룰 경우에는 각 전극이 전해질 수용액에 잠겨있는 깊이가 같으므로 동일한 전기적 출력 값을 나타낸다. 그러나 그림 5의 (나)와 같이 기울어진 경우에는 서로 다른 전기적 값을 나타내기 때문에, 몇 도의 각도로 기울어졌는지 알 수 있다.

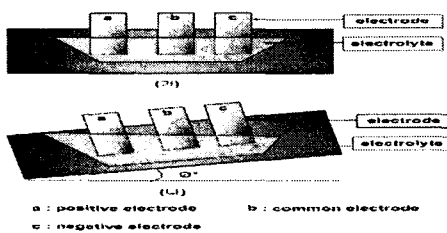


그림 5 Tilt 센서 구성도
Fig. 5 Tilt sensor structure

2.2.4 지반유동 감지(Optical) 센서

철탑의 절개 사면에서는 계절적인 영향과 지반 특성으로 사면 붕괴가 자주 발생하고 있다. 절토 사면에서 발생한 지반변형의 거동특성 분석을 위해 광섬유센서를 이용한다. 그림 6은 광섬유 센서를 이용한 철탑 사면 상태 감시방법을 나타낸 구성도이다. 광섬유 측정시스템은 송신기, 수신기, 결합기, 신호처리부로 구성된다. 레이저 다이오드(Laser Diode)는 펄스광을 결합기(Coupler)를 통해 광케이블로 전송하고, 전송된 신호 중 변형지점에서 반사된 광 신호는 포토 디텍터(Photo Detector)에서 광전 변환되고 디지털 신호로 변환된다. 디지털 신호는 신호 처리부에 파장분석 알고리즘을 이용하여 철탑이 설치된 사면의 변형상태를 측정한다.

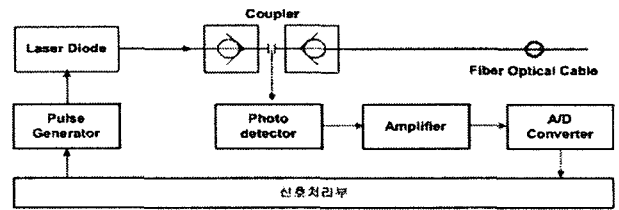


그림 6 광센서 측정 시스템 구성도
Fig. 6 Optical Sensor measurement system structure

2.3 진단 알고리즘

철탑 위험 진단은 수치 해석 함수의 변수 간 상관관계 알고리즘을 이용한다. 위험도에 따라서 A, B, C 세 등급으로 나누어 위험도가 낮은 경우에는 A, 위험도가 보통일 경우에는 B, 위험도가 높은 경우에는 C로 판단한다. A등급은 지속적인 관찰이 필요하며, B등급은 철탑 위험도를 판정, 계획 수립 후 조치가 필요하다. 그리고 C등급은 원인 분석 및 단위 요소에 대한 조치를 긴급하게 필요로 한다. 그림 7은 상관관계 분석을 이용한 진단 알고리즘을 제시하였다. 측정

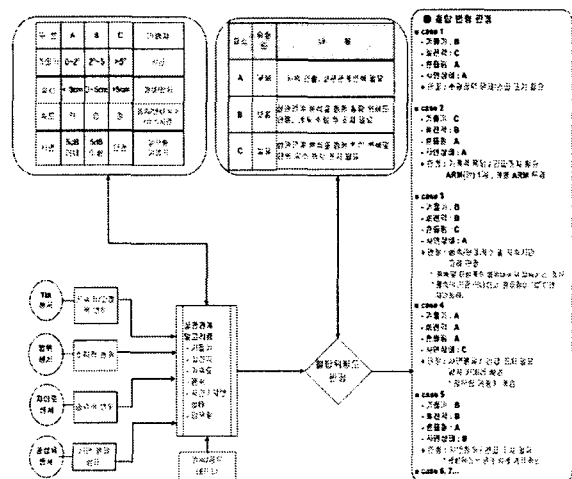


그림 7 철탑 진단 상관관계 분석 알고리즘
Fig. 7 power tower diagnosis Correlation Analysis Algorithm

된 회전각이 5cm보다 작은 경우에는 위험도가 낮은 A, 회전각이 5cm~8cm인 경우에는 위험도가 보통일 B, 회전각이 8cm 이상인 경우에는 위험도가 높은 C로 판단 한다. 광섬유 센서

가 약하게 변형된 경우에는 위험도가 낮은 A, 변형이 많은 상태인 경우에는 위험도가 보통인 B, 광섬유가 단선된 경우에는 위험도가 높은 C로 판단한다. 전력용 철탑의 개별 암의 기울기가 0~2°일 경우에는 위험도가 낮은 A, 기울기가 2°~5°일 경우에는 위험도가 보통인 B, 기울기가 5°이상인 경우에는 위험도가 높은 C로 판단한다. 또한 흔들림의 속도가 약한 경우에는 위험도가 낮은 A, 흔들림의 속도가 중간인 경우에는 위험도가 보통인 B, 흔들림의 속도가 강한 경우에는 위험도가 높은 C로 판단한다. 가속도 데이터를 이용하여 전력용 철탑의 충격적 변위를 진단할 때 풍속, 단성계수 및 움직임의 지속시간 등의 가중치를 더하여 위험도를 판단한다.

2.4 철탑 단위 클러스터 통신 설계

2.4.1 통신 모델

일반적인 UsN 에서의 정보량은 사물의 인식정보나 환경 정보에 불과하기 때문에 데이터의 신뢰성보다는 Traffic이 훨씬 중요한 문제가 되어 광대역 통신망이 필요하다. 그러나 송전 철탑 센서 네트워크와 같은 대규모 망에서는 대량

어드혹(ad-hoc) 방식은 사용하지 않는 것으로 가정한다. 통신 방식은 간섭 회피를 위해 서로 다른 주파수를 할당하였으며, 클러스터의 전체 Traffic은 최대 10kbps 정도이지만 확장성을 고려하여, IPv6 기반에서 최소 5Mbps 이상의 전송 속도를 보장하도록 설계했다. 그림 8과 같이 센서 인터페이스의 국제 표준인 IEEE1451을 적용하여 철탑 감시 데이터를 수집하고, 변전소 내 운전 데이터와 통합 관리를 위해 디지털변전소 내 통신을 위한 프로토콜인 IEC61850으로 상호 연계 변환한다. 철탑 센서 필드 네트워크는 Low Power, Low cost, Low Bandwidth의 특성을 갖는 6LoWPAN(IPv6 Over Low Power wpan)을 적용하였다. 철탑 센서네트워크의 Gateway(T-LU)는 Router 기능을 수행하며, Gateway(T-LU)에서 변전소 IED 구간 Access Network는 PCS, TRS, PLC, WIFI, WPAN, Binary-CDMA, 위성등 다양한 통신망을 고려할 수 있으나 전파환경, 신뢰성, 회선비용, 채널용량, 확장성을 고려하여, 본 논문에서는 표 3과 같이 PLC, IEEE802.11a, Optical Fiber(OPGW)로 최적 설계 하였다. 초고압 송전에서의 PLC 적용을 위해 송전선 채널 특성을 모델링하고 Coupler를 제작하였으며, IEEE802.11a를 Outdoor에 적용하고 저전력, 소형화를 구현하기 위해 고성능의 안테나를 적용한다. 백본 구간은 Wireless에서 Gigabit Ethernet(MC:Media Convertor)로 변전소 네트워크에 연결된다. 표 4는 철탑 감시 진단 시스템에 적용되는 통신 방식을 비교한 것이다.

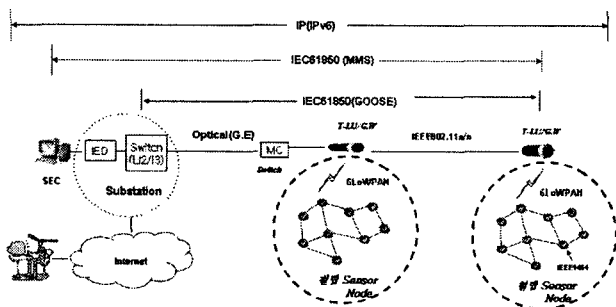


그림 8 철탑 단위 클러스터 통신망 구성도
Fig. 8 Cluster-based communication network structure

의 데이터를 전송하기 위한 광대역 통신망과 함께, 데이터의 관리 및 신뢰성이 중요하게 고려되어야 한다. 이러한 대규모 송전 철탑 UsN에서 관리 효율성, 신뢰성, 광범위한 확장성 및 기존 인터넷 응용서비스를 연동하기 위해서는 IPv6로 네트워크를 구성하는 것이 타당하다. 철탑 위험진단 시스템의 통신 모델은 IP 기반에서 감시 데이터를 신뢰성 있게 전송하고, 향후 전개될 국제적인 표준화 경쟁에서도 우위를 지킬 수 있도록 국제 표준에 입각하여 설계 하였다. 철탑 단위 클러스터는 5개 내외의 멀티 홉(hop)으로 구성되며, 철탑의 각 센서 노드들은 철탑에 고정된 형태로 Gateway와 가시선(line of sight)을 유지하고 있다. 단, 철탑 감시네트워크에서

표 3 센서 노드 및 Gateway 특성

Table 3 Sensor mode & Gateway Characteristics

구분	TLU Gateway	Sensor Node
설치위치	송전 철탑(1개)	송전 철탑(수개 <)
소모전력	< 4W	< 0.4W
기능	- 6LoWPAN과 IPv6네트워크와 연결 - IPv6/4 터널링 및 방화벽, - SNMP 프록시 에이전트 기능 - 프로토콜 변환기능	- 컴퓨팅(computation), 측정(sensing), 무선통신(wireless comm)

표 4 통신 방식 비교

Table 4 Communication Method comparison

적용 구간	변전소(IED) <->MC(L2)	T-LU<->T-LU MC<->T-LU(GW)		T-LU(GW) <->Node	
표준	IEEE802.3z	IEEE802.11 a/n	국내고속 표준	RF 비표준	6LoWPAN
Medium	Optical	Wireless	전력선	Wireless	Wireless
전송속도	~Gbps	~수 Mbps	~10Mbps	~수 Mbps	~125kbps
전송거리	~수십Km	~500m	~500m	~500m	~30m
주파수	200Thz	5Ghz	1~30Mhz	2.4Ghz	2.4Ghz
전송방식	8B/10B	OFDM	OFDM	Binary-CDMA	DSSS

2.4.2 철탑 센서 Traffic

UsN 센서 노드의 Traffic 특성은 평균 데이터 발생률에 따라 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 모든 센서 노드들이 다른 평균 데이터 발생률(λ)을 가지고 있는 경우(Variable Data Rate)이다. 이 경우는 다중(Heterogeneous) 센서망의 서비스를 의미하며, 빠른 주기로 데이터가 발생하는 비디오/오디오 센서의 Traffic이 발생하는 네트워크이고, 나머지 한 가지는 같은 센서필드에 존재하는 모든 센서 노드들이 같은 평균 데이터 발생률(λ)을 가지는 Poisson 분포를 따르며

표 5 센서 노드 파라메타

Table 5 Sensor Node Parameters

Parameters	Value
Data Tx Rate	8kbps
Number of Nodes	Up to 10
Sensing Data Length	27 bytes
Traffic Arrival Time	Poisson Process (Average: 0.1sec ~ 5sec)

Traffic을 발생시키는 경우(Constant Data Rate)이다. 이 경우는 단종(Homogeneous) 무선 센서망을 의미한다. 보편적으로 무선 센서망에서 많이 이용되고 있는 센서용 운용체제인 TinyOS에서 30byte의 작은 데이터를 서비스하고 있다. 표 5에서와 같이 단위 철탍 센서 필드는 단종 무선망으로 10개의 다중센서와 광섬유 센서 노드가 설치되어 있으므로 전체 Traffic은 최대 1Kbyte 정도 발생된다.[16-17]

2.4.3 IEC61850과 IEEE1451 연동

전력설비 감시 및 제어를 위한 센서 및 센서네트워크 시스템 운용에서 IEC61850 과 IEEE1451의 데이터 호환이 이루어지도록 하는 방법은 본연의 IEC61850 규격 및 IEEE 1451 규격을 준수하면서 연동되어야 한다. IEC61850에서 사용가능한 XML 메시지를 사용하는 방법이 타당성이 있으며, IEEE1451 규격안의 TEDS(Transducer Electronic Data Sheet)를 XML형식의 메시지로 선정하여 IEC61850 모듈의 센서 모델에 대한 레퍼런스로 사용함으로써 두 프로토콜의 근본적인 변경없이 인터페이스를 할 수 있다. 다음의 그림 9에는 IEEE1451과 IEC61850 연동을 위한 모델을 제시하였다. 제시한 모델에서는 IEC61850과 TEDS는 공통된 Reference Format 인 XML을 사용하여 상호 인터페이스를 정하고, 시스템의 초기화 및 실시간 운용 중에 참조하므로 변전소자동화시스템과 연동하는 모든 센서 및 트랜스듀서의 통신규격화를 이루고 프로토콜의 최적화를 이룰 수 있다.

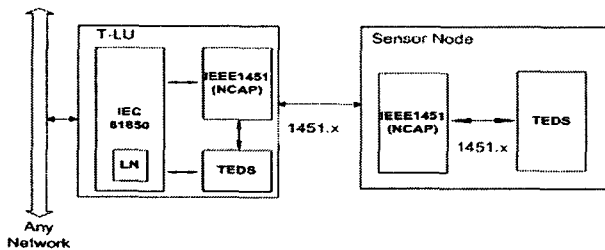


그림 9 IEEE1451과 IEC61850의 인터페이스 모델
Fig. 9 Interface Model of IEEE1451 and IEC61850

2.5.4 IEC61850 메시지 전송

철탍-LU(T-LU)와 변전소 IED간의 메시지 교환은 GOOSE 또는 MMS 메시지를 이용한다. 이벤트 발생시 GOOSE 메시지는 IED로 전송되며, MMS 메시지는 이벤트 메시지 이외의 데이터와 철탍 LU의 진단엔진 등의 업데이트 및 패치를 위한 파일들을 전송하는데 사용된다. GOOSE 메시지는 프로토콜 스택(stack)에 의해 데이터가 인코딩(encoding) 되지 않고, 프레임의 페이로드(Payload)에 데이터를 직접 캡슐화(Encapsulation) 시키기 때문에, 송수신 측에서의 처리 속도 또한 빠르다. 802.1Q에 의해 우선순위가 Tagging 되기 때문에, 일반적인 802.3 이더넷(Ethernet) 프레임보다 이더넷 스위치에서 처리되는 우선순위가 높다. 즉, MMS 메시지보다 우선적으로 송수신 될 수 있는 것이다 이러한 특징은 중요한 메시지에 대한 실시간성을 보장하기 위한 노력에 의한 것이다. IEC61850 표준에서는 변전소의 주요한 이벤트 정보를 GOOSE 메시지로 교환하도록 정의하고 있다. 이러한 IEC61850 메시지를 철탍 클러스터 네트워크에

서 변전소로 전송하기 위해서는 스위치 네트워크로 구성되어야 한다.

3. 철탍 진단을 위한 정보 모델의 확장 제안

현재 전력IT의 중심에 있는 디지털변전소의 국제 표준화는 IEC61850 기반 전력 IT 통신 프로토콜 표준이다. 이 표준은 범위가 확대되어서 현재 등록된 디지털 변전소뿐만 아니라, 수력발전소/풍력발전소 모니터링 및 제어를 위한 통신 규격, 분산전원(연료전지,태양열,열병합 발전)의 통신 시스템 규격, 변전소간 통신 규격, 변전소와 제어소간에 통신 규격

표 6 철탍 기울기 진단을 위한 SMTT logical node 모델
Table 6 SMTT logical node model for Power Tower Tilt diagnosis

SMTT Class				
Attribute Name	Attr. Type	Explanation	T	M/O
LNName		Shall be inherited from Logical-Node Class		
Data				
Common Logical Node Information				
		LN shall inherit all Mandatory Data from Common Logical Node Class		M
EEhealth	INS	External equipment health		O
EEName	DPL	External equipment health		O
OpCnt	INS	Operation Counter		M
Measurement Value				
ASTTilt	INS	기울기 각도		M
Status Information				
STTiltAlm	SPS	기울기 이상 발생 여부		M

표 7 철탍 충격파 진단을 위한 SMTS logical node 모델
Table 7 SMTS logical node model for Power Tower Shock diagnosis

SMTA Class				
Attribute Name	Attr. Type	Explanation	T	M/O
LNName		Shall be inherited from Logical-Node Class		
Data				
Common Logical Node Information				
		LN shall inherit all Mandatory Data from Common Logical Node Class		M
EEhealth	INS	External equipment health		O
EEName	DPL	External equipment health		O
OpCnt	INS	Operation Counter		M
Measurement Value				
STShockSP	INS	충격 진동 값		M
Status Information				
STShocAlm	INS	진동 이상 발생 여부		M
CountSTSh	INS	진동 이상 발생 횟수		M

에 까지 적용되기 시작하였다. IEC61850은 디지털변전소의 표준 프로토콜을 적용하기 위해서는 통신상에서 다루어질 실제 장비를 통신에 필요한 가상 세계의 LN(Logical Node)로 모델링하는 과정이 필요하다. 현재 IEC61850에서 센서를 이용한 감시진단 관련으로 Arc 감시진단을 위한 'SARC', 절연가스 감시를 위한 'SIMG', 절연유 감시를 위한 'SIML' 및 PD 감시진단을 위한 'SPDC'의 4가지 정보모델이 LN으로 정의되어 있으나 시스템의 감시 대상을 모두 표현하지는 못하고 있는 실정이다. 본 논문에서는 IEC61850 기반 철탑 감시진단 구현을 위해 IEC61850 개념에 근거해서 데이터모델링과 통신을 정의하고, 전력용 철탑감시진단과 관련된 LN인 'SMTT(Sensor and Monitoring Steel Tower Tilt)', 'SMTR(Sensor and Monitoring Steel Tower Rotation)', 'SMTS(Sensor and Monitoring Steel Tower Shork)'를 제안하며, 그 세부적인 내용은 표 6, 7, 8에 정의되어 있다.

표 8 철탑 회전각 진단을 위한 SMTR logical node 모델
Table 8 SMTR logical node model for Power Tower Rotation diagnosis

SMTR Class				
Attribute Name	Attr. Type	Explanation	T	M/O
LNNName		Shall be inherited from Logical-Node Class		
Data				
Common Logical Node Information				
		LN shall inherit all Mandatory Data from Common Logical Node Class		M
EEhealth	INS	External equipment health		O
EENName	DPL	External equipment health		O
OpCnt	INS	Operation Counter		M
Measurement Value				
DSTRota	INS	회전각도(거리)		M
Status Information				
STRotaAlm	SPS	회전각 이상 발생 여부		M

4. 결 론

본 논문에서는 선행 연구를 통하여 축적된 기술을 바탕으로 대규모 송전 계통의 전력설비 감시 진단 및 예측이 가능한 시스템의 설계 방안에 대해 연구를 추진하였다. IEEE1451 인터페이스를 이용해 수집한 데이터를, IEC61850 프로토콜로 상호 변환하고 상관관계 분석 알고리즘을 적용하여 위험도를 진단하는 기법을 설명하였다. 센서 Traffic 모델을 근거로 송전 PLC, WiFi, Optical로 네트워크를 구성하여 변전소로 전송하고, 변전소 운전 데이터와 실시간으로 원격에서 통합 관리함으로써 전력계통의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 방안을 제시하였다. 또한 본 연구를 통해 송전철탑 감시진단 네트워크가 IPv6 기반으로 설계 되어야 하는 타당성과 IEC61850을 적용할 수 있는 방법을 제시하였다. 향후 연구 과제를 통해 ProtoType을 제작하여 성능을 평가하고, 측정 정확도 향상과 네트워크 운용 기술에 대한 고도화를 통하여 송전철탑 위험진단 시스템을 구현하게 되면, 실시간

으로 철탑의 위험도를 진단, 예측함으로써 송전 전력 계통의 신뢰성을 획기적으로 향상 시킬 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 한국전력공사 "가공전송용 송전 철탑 설계 기준" 2002
- [2] 조강표 "태풍에 의해 송전철탑이 붕괴된 산악 지형의 풍속 할증 계수" 대한건축학회 창립60주년 학술대회 발표집 25권 제1호 (2005.10, pp 95-98)
- [3] 시모 요오지 "무인헬리콥터에 의한 송전선순시점검 시스템의 개발" 전기평론(2006. 10)
- [4] 한국건설기술연구원 "GIS 선도 기술 동향. 도입방안 및 국제 협력 기반구축 - GPS 분야 -" (2001. 6, pp. 56-57)
- [5] Standard series IEC61850, Communication networks and system in substations
- [6] 이동철 "A study on the application of the IEC61850 Based eCMD convergence structure in Digital Substation" 대한전기학회 하계학술대회 P권(2006.7)
- [7] 유승화 "RFID 및 UsN에 IPv6 적용 방안 및 활용 분야에 관한 연구"
- [8] 한전kdn 송변전IT TF "초고압용 PLC 커플러 개발 연구 보고서"
- [9] Hee-Chul Myoung "A Study on Application to interface IEEE1451 to IEC61850"
- [10] IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators - Transducer to Microprocessor Communication Protocol under Transducer Electronic Data Sheet(TEDS) Format, IEEE Std 1451.2,1997
- [11] IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators - Network Capable Application Processor Information Model, IEEE Std 1451.1.1, 1999
- [12] 김구원 "무선 저전력 통신을 위한 Sleep 모드의 세분화된 재정의" 한국컴퓨터 종합학술대회 논문집 2005 Vol.32, No. 1(A)
- [13] 박재복 "센서네트워크 노드의 전력모델 개발" 2006년 한국컴퓨터종합학술발표대회 논문집 Vol. 33, No. 1(A)
- [14] 이복희 "송전철탑 주변에서 전장과 자장의 측정과 분석" 한국조명.설비학회 논문지 제12권 제3호(1998. 8, pp.51-58)
- [15] 권영환 "무선 센서네트워크에서 압축을 이용한 네트워크 트래픽 감소 기법 구현" 2006년도 한국정보과학회 가을 학술발표 논문집 Vol.33, No.2(D)
- [16] 권의혁 "무선센서 응용을 위한 블루투스 다중 적용 슬롯 스케줄링 기법"

저 자 소 개



이 동 철 (李東哲)

1948년 1월 4일생
1970년 한국전력공사
대한전기학회 개폐장치연구회 회장
대한전기학회 설비진단위원회 회장
2006년 3월~현재 한전kdn(주) 송변전IT사

업팀장 / 송변전IT연구그룹장
Tel : 02-6262-6200
Fax : 02-6262-6209
E-mail : ubicon57@kdn.com



배 을 록 (裴乙錄)

1970년 8월 19일생
1995년 서울산업대 매체공학과 졸업.
2006년~현재 연세대학교 공학대학원
전파통신공학과 석사과정
2000년 4월~현재 한전kdn(주) 송변전IT사

업팀 선임연구원
Tel : 02-6262-6207
Fax : 02-6262-6209
E-mail : b777@kdn.com



김 우 정 (金愚正)

1966년 7월 30일생
1989년 경북대 전자공학과 졸업
1991년 동 대학원 석사 졸업
2003년 동 대학원 박사 졸업 (공박)
1998년~현재 (주)멘텍 대표이사

Tel : 053-588-6821
Fax : 053-586-6817
E-mail : kwj@mentech.co.kr



민 병 운 (閔炳雲)

1971년 7월 19일생
1997년 명지대 공대 전기공학과 졸업
1999년 명지대 대학원 전기공학과 졸업(석사)
2004년 동 전기공학과 졸업(공박)
현재 현대중공업(주) 기계전기연구소 선임

연구원
Tel : 031-289-5248
Fax : 031-289-5250
E-mail : minbu@hhi.co.kr